



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 198 44 744 C 1

⑤ Int. Cl. 7:  
F 02 D 41/38  
F 15 B 1/033

② Aktenzeichen: 198 44 744.2-26  
③ Anmeldetag: 29. 9. 1998  
④ Offenlegungstag: -  
⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20. 4. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

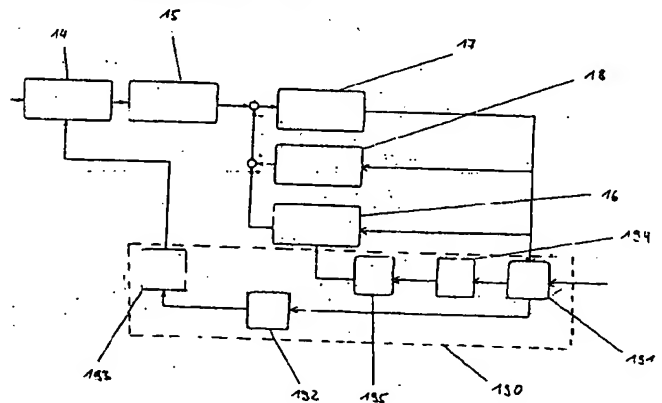
⑬ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑭ Erfinder:  
Heinitz, Dirk, 93152 Deckelstein, DE

⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 195 48 278 A1

⑯ Verfahren und Vorrichtung zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckspeicher

⑰ Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckspeicher, der von einer Hochdruckpumpe mit einem Volumenstrom versorgt wird, zeichnen sich durch eine Regelung sowohl des von der Hochdruckpumpe in den Hochdruckspeicher geförderten Volumenstroms als auch des Drucks im Hochdruckspeicher selbst aus, wobei verschiedene nicht-lineare Zonen bei der Regelung im Bereich kleiner Regelabweichungen vorgegeben werden.



DE 198 44 744 C 1

DE 198 44 744 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckspeicher gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus der DE 195 48 278 A1 bekannt.

Auf dem Gebiet der Kraftstoffeinspritzsysteme für Brennkraftmaschinen sind in den letzten Jahren zunehmend Hochdruckspeicherkonzepte bei Dieselmotoren und bei Ottomotoren in den Vordergrund gerückt, die es ermöglichen, den Einspritzdruck von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge unabhängig zu halten und weiterhin den mittleren Einspritzdruck auf über 1600 bar zu steigern. In solchen Kraftstoffeinspritzsystemen speist die Hochdruckpumpe, die mit einem Kraftstoffvorratsbehälter in Verbindung steht, Kraftstoff in den Hochdruckspeicher ein. Der im Hochdruckspeicher unter hohem Druck stehende Kraftstoff liegt dann über abgestimmte Leitungsquerschnitte an sich in die Zylinder der Brennkraftmaschine erstreckenden Einspritzventilen an. Die Einspritzvorgänge in die Zylinder werden durch Bestromen der Einspritzventile ausgelöst, wobei das Einspritzvolumen abhängig von dem an den Einspritzventilen anstehenden Druck und der Dauer der Bestromung ist.

Um den Druck im Hochdruckspeicher, der den Einspritzdruck in die Zylinder bestimmt, präzise und schnell an den der gewünschten Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine entsprechenden Soll-Druck anpassen zu können, ist der Hochdruckspeicher mit einer Steuereinheit verbunden, die den im Hochdruckspeicher herrschenden Ist-Druckwert ermittelt und mit dem gewünschten Soll-Druckwert vergleicht. Aus der festgestellten Regelabweichung bestimmt die Steuereinheit eine Stellgröße für ein an den Hochdruckspeicher angeschlossenes Hochdruckregelorgan, über das überschüssiger Kraftstoff, der nicht zur Aufrechterhaltung des gewünschten Soll-Drucks im Hochdruckspeicher benötigt wird, in den Kraftstoffvorratsbehälter zurückgeführt wird. Zur Festlegung der Stellgröße des Hochdruckregelorgans weist die Steuereinheit vorzugsweise einen Proportional-Integral-Regler, kurz PI-Regler, auf, der sich durch ein schnelles Ansprechen bei gleichzeitig hoher Regelgüte auszeichnet.

Um zu vermeiden, daß die Hochdruckpumpe ständig zu viel Kraftstoff in den Hochdruckspeicher einspeist, der dann über das Hochdruckregelorgan wieder abgesteuert werden muß, ist in der Kraftstoffzuleitung zur Hochdruckpumpe ein Volumenstromregelorgan angeordnet, damit sich der Kraftstoffvolumenstrom zur Hochdruckpumpe bedarfsabhängig einstellen läßt. Die Steuerung des Volumenstromregelorgans kann dabei über einen Vergleich des von der Hochdruckpumpe augenblicklich geförderten Volumenstroms mit einem dem jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine entsprechenden Sollvolumenstrom erfolgen, um aus einem Differenzwert mittels eines PI-Reglers eine Stellgröße für das Volumenstromregelorgan zu bestimmen. Eine solche Regelung macht jedoch einen zusätzlichen Meßwertfasser zur Bestimmung des aktuell von der Hochdruckpumpe geförderten Volumenstroms erforderlich. Deshalb wird das Volumenstromregelorgan im allgemeinen anhand eines vorgegebenen Kennlinienfeldes gesteuert. Nachteilig an einer solchen Kennlinienfeldsteuerung ist jedoch, daß das Volumenstromregelorgan mit einem ausreichenden Sicherheitsabstand in bezug auf den minimal möglichen Volumenstrom betrieben werden muß, um eine Unterversorgung des Hochdruckspeichers mit Kraftstoff durch die Hochdruckpumpe zu verhindern. Dies wiederum führt zu einer Verschlechterung der Energiebilanz, da die Hochdruckpumpe dann immer zu viel Kraftstoff komprimiert und in

den Hochdruckspeicher einspeist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckspeicher, der von einer Hochdruckpumpe mit einem Volumenstrom versorgt wird, bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 6 gelöst. Gemäß der Erfindung werden ein Hochdruckregelorgan und ein Volumenstromregelorgan als die beiden Stellglieder in einem Kraftstoffeinspritzsystem direkt auf der Grundlage einer festgestellten Regelabweichung zwischen einem im Hochdruckspeicher erfaßten Ist-Druckwert und einem vorgegebenen Soll-Druckwert geregelt. Im Bereich kleiner Regelabweichungen werden dabei Kennlinien mit nicht-linearen Abschnitten zwischen der festgestellten Regelabweichung und der über das Volumenstromregelorgan auszugleichenden Regeldifferenz beim von der Hochdruckpumpe geförderten Volumenstrom bzw. der über das Hochdruckregelorgan auszugleichende Regeldifferenz beim Druck im Hochdruckspeicher benutzt. Durch die Erfindung ist es möglich, über die Erfassung des Drucks im Hochdruckspeicher als einziger Meßgröße eine direkte Regelung beider Stellglieder vorzunehmen, so daß sowohl das Volumenstromregelorgan als auch das Hochdruckregelorgan nur minimal geöffnet werden müssen und sich so eine besonders günstige Energiebilanz einstellt. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems;

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Druckregelung in einem Kraftstoffeinspritzsystem;

Fig. 3 eine Kennlinie eines Volumenstromstellers gemäß der Erfindung; und

Fig. 4 eine Kennlinie eines Hochdruckstellers gemäß der Erfindung.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Kraftstoffeinspritzsystems, wie es bei Dieselmotoren und Ottomotoren eingesetzt wird. Bei diesem Kraftstoffeinspritzsystem wird Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 10 über eine Kraftstoffleitung 11 mittels einer Vorförderpumpe 12 angesaugt und von dieser über ein Kraftstofffilter 13 zu einer Hochdruckpumpe 15 gefördert. Die Hochdruckpumpe 15 speist den Kraftstoff dann unter hohem Druck in einen Hochdruckspeicher 17 ein.

Der Hochdruckspeicher 17 steht mit Einspritzventilen 18 in Verbindung, über die der Kraftstoff in die Brennkammern der Brennkraftmaschine (nicht gezeigt) eingespritzt wird. Der Einspritzvorgang wird durch eine elektronische Steuereinheit 19 ausgelöst, die über Signalleitungen 20 mit den Einspritzventilen 18 verbunden ist. Ein in den Einspritzventilen 18 auftretender Leakagestrom wird über eine Kraftstoffleitung 21 in den Kraftstoffvorratsbehälter 10 zurückgeführt. Um den von der Hochdruckpumpe 15 geförderten Volumenstrom in den Hochdruckspeicher 17 entsprechend der jeweils gewünschten Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine bedarfsabhängig einstellen zu können, ist in der Kraftstoffleitung 11 zwischen der Vorförderpumpe 12 und der Hochdruckpumpe 15 ein Saugdrosselventil 14 angeordnet, das von der elektronischen Steuereinheit 19 über eine Steuerleitung 22 angesteuert wird, um den Förderstrom der Hochdruckpumpe bedarfsabhängig zu regeln.

Für eine Druckregelung im Hochdruckspeicher 17 entsprechend der gewünschten Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine ist weiterhin ein Hochdruckregelventil 16 in die Kraftstoffleitung 11 zwischen der Hochdruckpumpe 15

und dem Hochdruckspeicher 17 angeordnet. Dieses Hochdruckregelventil 16 steuert über eine Kraftstoffleitung 25 überschüssigen Kraftstoff, der nicht zur Aufrechterhaltung des im Hochdruckspeicher 17 gewünschten Drucks benötigt wird, in den Kraftstoffvorratsbehälter 10 ab. Das Hochdruckregelventil 16 wird dabei von der elektronischen Steuereinheit 19 über eine Signalleitung 24 eingestellt.

Die Einstellung des Saugdrosselventils 14 und des Hochdruckregelventils 16 wird von einer Regeleinheit 190 der elektronischen Steuereinheit 19 mit Hilfe eines von einem Drucksensor 23 bestimmten Istdruckwert im Hochdruckspeicher 17 vorgenommen. Der im Hochdruckspeicher 17 herrschende Druck wird, wie das Blockschaltbild in Fig. 3 zeigt, von der im Hochdruckspeicher 17 enthaltenen Kraftstoffmenge bestimmt. Diese Kraftstoffmenge setzt sich aus dem durch das Saugdrosselventil 14 eingestellten Kraftstoffförderstrom der Hochdruckpumpe 15, der während der Einspritzung über die Einspritzventile 18 abgegebenen Einspritzmenge, dem über die Einspritzventile 18 abfließenden Leckagestrom und dem über das Hochdruckregelventil 16 abgesteuerten Kraftstoffstrom zusammen, wobei sowohl der Leckagestrom der Einspritzventile 18 als auch die über das Hochdruckregelventil 16 abgesteuerte Kraftstoffmenge vom im Hochdruckspeicher 17 herrschenden Kraftstoffdruck abhängen.

Die Regeleinheit 190 der elektronischen Steuereinheit 19 weist zur Einstellung des Saugdrosselventils 14 und des Hochdruckregelventils 16 einen Vergleichler 191 auf, der den im Hochdruckspeicher 17 mit Hilfe des Drucksensors 23 erfaßten Istdruckwert mit einem Solldruckwert vergleicht und eine Regelabweichung aus der Differenz von Solldruckwert zu Istdruckwert bestimmt. Den Solldruckwert entnimmt der Vergleichler 191 einer als ein- oder mehrdimensionales Datenfeld ausgelegten Speichereinrichtung (nicht gezeigt) entsprechend der vorgegebenen Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine, insbesondere deren Last und Drehzahl. Die Regeleinheit 190 weist als Bestandteil eines ersten Regelkreises weiter einen Volumenstromsteller 192 und einen ersten PI-Regler 193 auf, die zwischen dem Vergleichler 191 und dem Saugdrosselventil 14 angeordnet sind. Als Bestandteile eines zweiten Regelkreises enthält die Regeleinheit 190 außerdem einen mit dem Vergleichler 191 verbundenen Hochdrucksteller 194 und einen daran angeschlossenen zweiten PI-Regler 195, der mit dem Hochdruckregelventil 16 verbunden ist.

Im Volumenstromregler 192 wird aus der im Vergleichler 191 ermittelten Regelabweichung zwischen Solldruckwert und Istdruckwert anhand einer vorbestimmten Kennlinie eine Regeldifferenz festgelegt, aus der der erste PI-Regler 193 eine Stellgröße für das Saugdrosselventil 14 bestimmt und als Steuersignal an einen Stellantrieb in diesem Ventil abgibt, um den von der Hochdruckpumpe 15 angesaugten Volumenstrom entsprechend der gewünschten Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine einzustellen.

Parallel zu dieser Einstellung des Saugdrosselventils 14 bestimmt der Hochdrucksteller 194 anhand einer vorgegebenen Kennlinie aus der vom Vergleichler 191 ermittelten Regelabweichung eine Regeldifferenz für den Druck im Hochdruckspeicher 17, aus der der zweite PI-Regler 195 eine Stellgröße für das Hochdruckregelventil 16 bildet und als Steuersignal an einen Stellantrieb in diesem Ventil abgibt, um so den Druck im Hochdruckspeicher 17 auf den Wert, der der gewünschten Betriebsbedingung in der Brennkraftmaschine entspricht, einzustellen.

Durch die erfindungsgemäße Regelung ist es möglich, sowohl den Volumenstrom in den Hochdruckspeicher 17 als auch den Druck im Hochdruckspeicher 17 über zwei Regelkreise getrennt einzustellen, wozu jedoch nur eine physika-

lische Größe, nämlich der Druck im Hochdruckspeicher, erfaßt werden muß. Durch den Einsatz eines eigenen Regelkreises für die Volumenstromeinstellung läßt sich außerdem eine besonders günstige Energiebilanz im Kraftstoffeinspritzsystem erzielen, da bei beiden Ventilen immer die optimale Ventileinstellung, d. h. ein minimaler Öffnungsquerschnitt beim Saugdrosselventil 14 und ein minimaler Öffnungsquerschnitt beim Hochdruckventil 16, eingestellt werden kann.

Um die energetisch günstigste Ventilstellung für die jeweilige Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine schnell und mit hoher Regelgenauigkeit anfahren zu können, weisen die Übertragungskennlinien sowohl des Volumenstromstellers 192 als auch des Hochdruckstellers 194 im Bereich kleiner Regelabweichungen nicht-lineare Abschnitte auf. Fig. 3 zeigt eine solche optimierte Übertragungskennlinie der an den ersten PI-Regler 193 ausgegebene Regeldifferenz bezogen auf die von dem Vergleichler 191 ermittelte Regelabweichung für den Volumenstromsteller 192. Analog hierzu ist in Fig. 4 eine optimierte Übertragungskennlinie der an den zweiten PI-Regler 195 ausgegebenen Regeldifferenz bezogen auf die von dem Vergleichler 191 ermittelte Regelabweichung für den Hochdrucksteller 194 dargestellt.

Wie aus den Fig. 3 und 4 zu entnehmen ist, wird die vom Volumenstromsteller 192 und dem Hochdrucksteller 194 an die PI-Regler 193, 195 ausgegebenen Regeldifferenzen immer gleich der vom Vergleichler 191 ermittelten Regelabweichung zwischen gewünschtem Solldruckwert und gemessenem Istdruckwert gesetzt bis auf einen symmetrischen Bereich  $\pm \Delta$  um eine Regelabweichung Null. Der Wert für  $\Delta$  liegt dabei vorzugsweise in einem Regelabweichungsbereich bis maximal 0,5 MPa. In diesem Bereich kleiner Regelabweichung sind sowohl in der Kennlinie des Volumenstromstellers 192 als auch in der Kennlinie des Hochdruckstellers 194 nicht-lineare Abschnitte vorgesehen, um zu verhindern, daß dann, wenn die Ventile sich im wesentlichen bereits in ihrer optimalen, energetisch günstigsten Stellung befinden, die Regelung aufgrund noch vorhandener kleinster Regelabweichungen die Ventileinstellungen in ungünstigste, energetisch ungünstige Richtungen verstellt. So kann, wenn das Saugdrosselventil 14 bereits im wesentlichen geschlossen ist, aufgrund einer kleinen positiven Regelabweichung beim Druck im Hochdruckspeicher 17 die Regelung z. B. weiter versuchen, durch Schließen des Saugdrosselventils 14 den Volumenstrom zu verringern, wodurch das Saugdrosselventil 16 dann vollständig geschlossen und so die Kraftstoffförderung unterbrochen wird. Um zu verhindern, daß trotz nur noch kleinster Regelabweichung die beiden Ventile durch das Aufintegrieren der PI-Regler ihre optimalen Einstellungen verlassen, werden Kennlinienverläufe für den Volumenstromsteller 192 und den Hochdrucksteller 194 im Bereich einer Regelabweichung  $\pm \Delta$  um eine Regelabweichung Null gewählt, wie sie in den Fig. 3 und 4 dargestellt sind.

Im Bereich einer Regelabweichung  $-\Delta$  bis  $+\Delta$  wird, wie Fig. 3 zeigt, eine Regelabweichung, die einen minimal zu hohen Druck im Hochdruckspeicher 17 anzeigt, vom Volumenstromsteller 192 nicht wahrgenommen, so daß keine weitere Verstellung des Saugdrosselventils 14 erfolgt. Der Bereich  $-\Delta$  bis  $+\Delta$  erstreckt sich dabei vorzugsweise von 0,5 MPa bis 0,25 MPa. Befindet sich die Regelabweichung dagegen im Bereich Null bis  $-\Delta$  bis  $+\Delta$ , weist die Kennlinie der Regeldifferenz zur Regelabweichung beim Volumenstromsteller 192 eine überproportionale Steigung auf, die vorzugsweise zwischen 2 und 4 liegt, so daß der an den Volumenstromsteller 192 angeschlossene erste PI-Regler 193 extrem stark reagiert und für das Saugdrosselventil 14 eine Stellgröße vorgibt, die die Regelabweichung

chung aktiv in den Bereich von Null bis + Delta, der einem etwas zu niedrigen Druck in bezug auf den vorgegebenen Soll-Druck entspricht, bringt. Der Bereich kleiner Regelabweichung von Null bis + Delta dagegen wird vom Volumenstromsteller 192 nicht wahrgenommen, so daß keine weitere Verstellung des Saugdrosselventils 14 erfolgt.

In dieser Totzone bei einer Regelabweichung von Null bis + Delta wird auch durch den Hochdrucksteller 194, wie Fig. 4 zeigt, keine Regelung vorgenommen, so daß kein ungewünschtes Aufintegrieren durch die zweiten PI-Regler 195 erfolgt. Der Bereich einer Regelabweichung von - Delta bis Null, in dem, wie Fig. 3 zeigt, der Volumenstromsteller 192 eine Totzone aufweist, wird dagegen, wie in Fig. 4 dargestellt ist, vom Hochdrucksteller 194 genutzt, um mit Hilfe des zweiten PI-Reglers 195 die optimale Ventilstellung des Hochdruckregelventils 16 anzufahren.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckspeicher (17), der von einer Hochdruckpumpe (15) mit einem Volumenstrom versorgt wird, wobei der von der Hochdruckpumpe an den Hochdruckspeicher abgegebene Volumenstrom und der Druck im Hochdruckspeicher eingestellt werden, **gekennzeichnet** durch die Verfahrensschritte:  
Bestimmen einer Regelabweichung zwischen einem im Hochdruckspeicher erfaßten Istdruckwert und einem vorgegebenen Soll-Druckwert;  
Bestimmen einer Regeldifferenz für eine Druckeinstellung im Hochdruckspeicher aus der ermittelten Regelabweichung beim Druck im Hochdruckspeicher, wobei im Bereich kleiner Regelabweichung eine Kennlinie mit nicht-linearen Abschnitten zwischen der Regelabweichung und der Regeldifferenz für die Druckeinstellung eingestellt wird und  
Bestimmen einer Regeldifferenz für die Volumeneinstellung der Hochdruckpumpe aus der ermittelten Regelabweichung beim Druck im Hochdruckspeicher, wobei im Bereich kleiner Regelabweichung eine Kennlinie mit nicht-linearen Abschnitten zwischen der Regelabweichung und der Regeldifferenz für die Volumeneinstellung eingestellt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei der Bereich kleiner Regelabweichung eine Differenz zwischen dem im Hochdruckspeicher 17 erfaßten Istdruckwert und dem vorgegebenen Soll-Druckwert um  $\pm$  Delta erfaßt und wobei der Wert für Delta vorzugsweise im Bereich bis maximal 0,5 MPa liegt.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei die Regeldifferenz für die Volumeneinstellung im Bereich der Regelabweichung von - Delta bis - Delta + X auf den Wert Null, im Bereich - Delta + X bis Null überproportional in bezug auf die Regelabweichung und im Bereich Null bis + Delta auf den Wert Null gesetzt wird, wobei - Delta + X vorzugsweise im Bereich bis 0,25 MPa liegt.
4. Verfahren gemäß Anspruch 3, wobei der Proportionalitätsfaktor im überproportionalen Bereich der Kennlinie im Bereich von 2 bis 4 liegt.
5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Regeldifferenz für die Druckeinstellung im Bereich der Regelabweichung von - Delta bis Null proportional zur Regelabweichung und im Bereich von Null bis + Delta auf den Wert Null gesetzt wird.
6. Vorrichtung zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckspeicher (17), der von einer Hochdruckpumpe (15) mit einem Volumenstrom versorgt wird,

umfassend

ein Volumenstromregelorgan (14) zum Einstellen des von der Hochdruckpumpe an den Hochdruckspeicher abgegebenen Volumenstroms; und

ein Hochdruckregelorgan (15) zum Einstellen des Druckes im Hochdruckspeicher;

gekennzeichnet durch

eine Steuereinrichtung (19, 190), die einen Vergleich (191) zum Bestimmen einer Regelabweichung zwischen einem im Hochdruckspeicher erfaßten Istdruckwert und einem vorgegebenen Soll-Druckwert, einen Hochdrucksteller (194), der mit dem Vergleich und dem Hochdruckregelorgan verbunden ist, um aus der vom Vergleich ermittelten Regelabweichung beim Druck im Hochdruckspeicher eine Regeldifferenz für die Druckeinstellung des Hochdruckregelorgans zu bestimmen, wobei im Bereich kleiner Regelabweichung eine Kennlinie mit nicht-linearen Abschnitten zwischen der Regelabweichung und der Regeldifferenz für die Druckeinstellung vorgegeben ist, und einen Volumenstromsteller (192), der mit dem Vergleich und dem Volumenstromregelorgan verbunden ist, um aus der vom Vergleich ermittelten Regelabweichung beim Druck im Hochdruckspeicher eine Regeldifferenz für die Volumeneinstellung des Volumenstromregelorgans zu bestimmen, wobei im Bereich kleiner Regelabweichung eine Kennlinie mit nicht-linearen Abschnitten zwischen der Regelabweichung und der Regeldifferenz für die Volumeneinstellung vorgegeben ist, aufweist.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, wobei das Volumenstromregelorgan ein vor der Hochdruckpumpe (15) angeordnetes Saugdrosselventil (14) ist, und die Steuereinrichtung (19, 190) einen ersten PI-Regler (193) zum Einstellen des Saugdrosselventils umfaßt.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 6 oder 7, wobei das Hochdruckregelorgan ein an dem Hochdruckspeicher (17) angeschlossenes Hochdruckregelventil (16) ist, und die Steuereinrichtung (19, 190) einen zweiten PI-Regler (195) zum Einstellen des Hochdruckregelventils umfaßt.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1

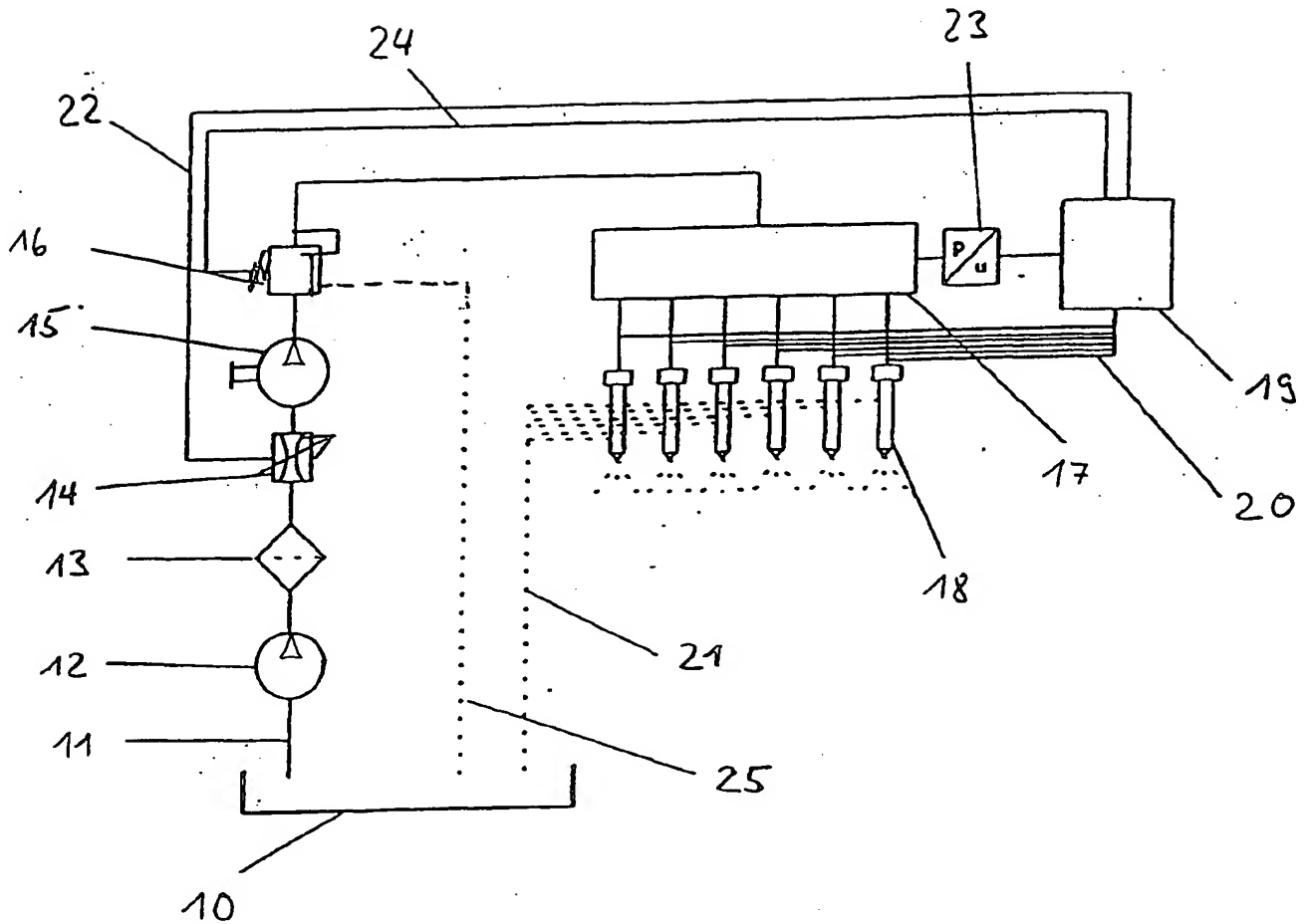


Fig. 2

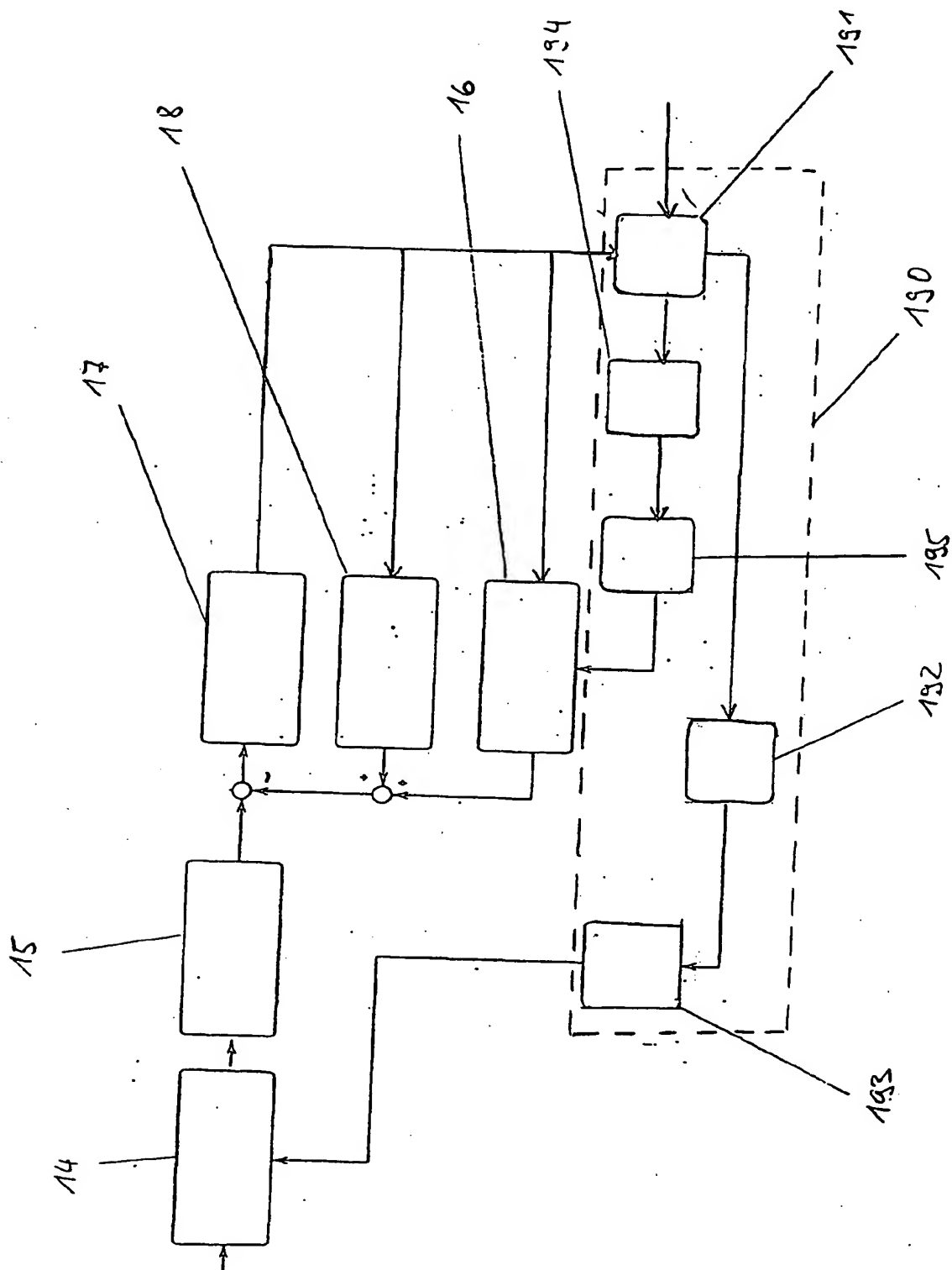


Fig 3

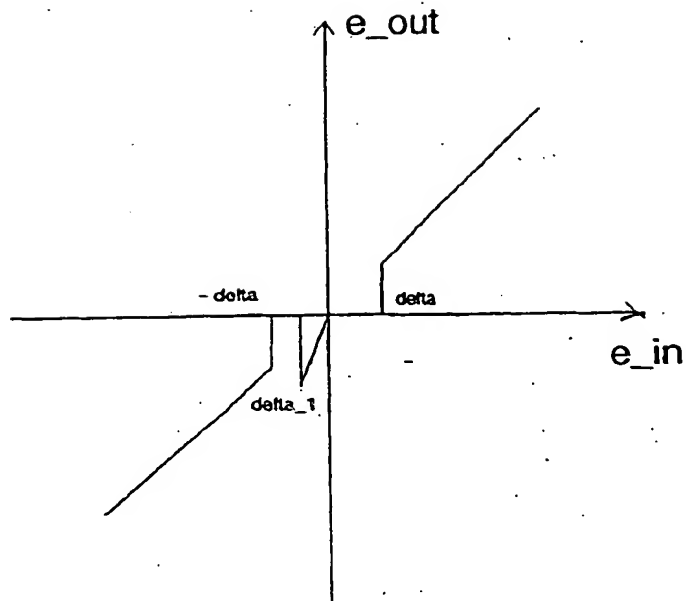


Fig. 4

